

Beschreibung

Elektromagnetischer Linearantrieb

Die Erfindung bezieht sich auf einen elektromagnetischen Linearantrieb mit einem Stator und einem relativ zu dem Stator bewegbaren Anker, wobei zwischen dem Stator und dem Anker zumindest während einer Relativbewegung zwischen einer Oberfläche des Ankers und einer Oberfläche des Stators ein Luftspalt ausgebildet ist.

Ein derartiger elektromagnetischer Linearantrieb ist beispielsweise aus der deutschen Offenlegungsschrift DE 195 09 195 A1 bekannt. Bei dem bekannten elektromagnetischen Linearantrieb ist ein Anker innerhalb einer Spule geführt. Bei einer Bestromung der Spule wird der Anker aufgrund der wirkenden Magnetkräfte bewegt. Der Anker weist eine Polplatte auf, welche die Bewegung des Ankers begrenzt. Zwischen der Polplatte und dem feststehenden Stator ist ein Luftspalt gebildet. Der Luftspalt liegt im Wesentlichen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Ankers.

Der Hub derartiger elektromagnetischer Linearantriebe ist nur in begrenztem Maße vergrößerbar. Bei einer starken Vergrößerung des Luftspaltes ist eine Lenkung des magnetischen Fluxes nur noch in einem eingeschränkten Umfange möglich und der magnetische Kreis weist einen großen magnetischen Widerstand auf. Dadurch vermindert sich die Kraftwirkung auf den Anker des elektromagnetischen Linearantriebes. Bei einer konstruktiven Ausgestaltung eines elektromagnetischen Linearantriebes der bekannten Art ist daher ein Kompromiss zwischen einem großen Hub und der mit zunehmenden Hub annehmenden Kraftwirkung auf den Anker zu finden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektromagnetischen Linearantrieb der eingangs genannten Art so auszubilden, dass auch bei einer Vergrößerung des Hubes des Ankers eine ausreichende Kraftwirkung auf den Anker erzeugbar ist.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einem elektromagnetischen Linearantrieb der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass der Luftspalt zumindest teilweise schräg zur Richtung der Relativbewegung angeordnet ist.

Um zwischen dem Anker und dem Stator eine Kraftwirkung zu erzeugen, ist der von einem Elektromagneten oder Permanentmagneten ausgehende magnetische Fluss durch den Luftspalt hindurch zu leiten. Bei einem Reluktanzantrieb wird eine Bewegung dadurch erzeugt, dass sich der magnetische Fluss stets längs des Weges mit dem geringsten magnetischen Widerstand ausbreitet. Durch die Schrägstellung des Luftspaltes kann verglichen mit einem Luftspalt, welcher senkrecht zur Bewegungsrichtung des Ankers angeordnet ist, bei einer gleichen Länge des durch den magnetischen Fluss zu überbrückenden wirksamen Abstandes des Spaltes ein vergrößerter Hub des Ankers realisiert werden. Zur Erzeugung einer Kraftwirkung tragen nur diejenigen Anteile des magnetischen Flusses bei, die parallel zur Bewegungsrichtung des Ankers aus diesem aus- bzw. eintreten und den Luftspalt überbrücken. Zusätzlich werden durch die schräge Anordnung des Luftspaltes, die zum Ein- bzw. Austreten des elektromagnetischen Flusses zur Verfügung stehenden Oberflächen des Ankers bzw. des Stators vergrößert. Vorteilhafterweise kann weiter vorgesehen sein, dass die Oberfläche des Ankers und die Oberfläche des Stators zueinander parallel ausgerichtet sind.

Parallel ausgerichtete Oberflächen können beispielsweise planparallele Oberflächen oder auch räumlich ausgeformte Oberflächen sein. Parallel ausgerichtete, räumlich ausgeformte Oberflächen sind beispielsweise gegengleiche Kugelabschnitte oder gegengleiche Pyramiden bzw. Konusse. Solche gleichmäßig gestalteten Oberflächen sind industriell leicht zu fertigen und bewirken im Zusammenwirken mit dem schrägen Luftspalt eine Vergrößerung des Hubes des Ankers.

Vorteilhafterweise kann weiter vorgesehen sein, dass die Oberflächen des Stators beziehungsweise des Ankers Teilflächen aufweisen, deren Flächennormalen verschieden voneinander sind.

Derartige Teilflächen ermöglichen es, die zum Ein- bzw. Ausreten des magnetischen Flusses bereitstehende Oberfläche des Stators bzw. des Ankers zu vergrößern, ohne selbst das Bauvolumen zu erhöhen. Eine besonders einfache Ausgestaltungsvariante ist es beispielsweise, einen Anker als Quader auszustalten und an einem Ende die dem Luftspalt zugesandte Oberfläche durch zwei aufeinander zulaufende Schrägen zu bilden. Um die Wirksamkeit der so gebildeten Teilflächen zu erhöhen, sollte an der entsprechenden Oberfläche des Stators eine gegengleiche Kontur angeformt sein. Neben der Vergrößerung der Oberflächen für die Führung des magnetischen Flusses kann diese Ausformung auch dazu genutzt werden, den Anker in einer Endlage in einer bestimmten Position zu fixieren.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann vorsehen, dass verschiedene Teilflächen unterschiedliche Steilheiten bezüglich der Richtung der Relativbewegung von Stator und Anker aufweisen.

Durch eine Aufteilung der Oberflächen des Stators bzw. des Ankers in mehrere Teilflächen, die wiederum unterschiedliche Steilheiten aufweisen, ist es möglich, den magnetischen Fluss innerhalb des Stators und des Ankers, insbesondere an den Oberflächen, an welchen der magnetische Fluss aus dem Stator bzw. dem Anker aus- bzw. eintritt, und durch den Luftspalt geführt ist, besser zu lenken. Durch verschiedene Steilheiten können gezielt einzelne Zonen ausgebildet werden, in denen eine besonders hohe Dichte des magnetischen Flusses erzielbar ist. In einem einfachen Falle kann es so vorgesehen sein, dass zwei Teilflächen gebildet sind, indem ein Anker (oder Stator) mit spitz zulaufenden Schrägen versehen ist. Der magnetische Fluss wird auf die beiden schrägen Teilflächen möglichst gleichmäßig aufgeteilt.

Eine vorteilhafte weitere Ausgestaltung kann vorsehen, dass die Oberflächen gestuft sind und die Stufen von interpolierten Hüllflächen begrenzt sind, welche schräg zur Richtung der Relativbewegung angeordnet sind.

Eine Stufung der Oberflächen ist fertigungstechnisch leicht zu erzeugen. Für die Stufen können dabei verschiedene Stufenformen vorgesehen sein. So können diese Stufen beispielsweise als Sägezahn, verkippter Sägezahn, als rechtwinklige Abstufungen oder auch als bogenförmige Stufen ausgebildet sein. Die gestuften Oberflächen sind wiederum von einer interpolierten Hüllfläche begrenzt, das heißt, bei einer weiteren Abstraktion der Stufen lässt sich wiederum eine schräg zur Richtung der Relativbewegung ausgerichtete Hüllfläche finden.

Dabei kann weiterhin vorgesehen sein, dass die Stufen erste Abschnitte aufweisen, an welchen sich in einer ersten Lage

von Stator und Anker zueinander, die Oberflächen von Stator und Anker berühren.

Durch die Ausgestaltung erster Abschnitte, aus welchen sich Oberflächen von Stator und Anker in einer ersten Lage berühren, kann eine Selbstthaltefunktion des elektromagnetischen Linearantriebes erzeugt werden. So kann beispielsweise vorgesehen sein, dass an dem elektromagnetischen Linearantrieb Permanentmagnete angeordnet sind, welche einen magnetischen Fluss erzeugen. Dieser magnetische Fluss kann dann über die sich berührenden Oberflächen von Stator und Anker (die ersten Abschnitte) geschlossen werden, so dass Stator und Anker aneinander gehalten sind. Durch eine Variation der Größe der Berührungsflächen der ersten Abschnitte kann unabhängig von der durch die Dauermagnete bewirkten Haltekraft zwischen Anker und Stator reguliert werden.

Weiterhin kann vorteilhaft vorgesehen sein, dass die Stufen zweite Abschnitte aufweisen, an welchen sich in der ersten Lage von Stator und Anker zueinander zwischen den Oberflächen von Stator und Anker ein Zwischenraum ausbildet.

Durch die Ausbildung von Zwischenräumen zwischen dem Stator und dem Anker werden gezielt in Abschnitten der Oberflächen, zwischen denen ein Luftspalt ausgebildet ist, Bereiche geschaffen, die einen hohen magnetischen Widerstand aufweisen. Dieser Widerstand ist höher als beispielsweise der magnetische Widerstand eines Eisenkerns, der zur Lenkung und Führung eines magnetischen Flusses vorgesehen ist. Die Zwischenräume gestatten es, den magnetischen Fluss gezielt in die ersten Abschnitte zu lenken. Dadurch wird die Haltekraft, die beispielsweise von Permanentmagneten ausgeht, effektiver genutzt. Die Zwischenräume verhindern ein Auftreten von uner-

wünschten Streuungen des magnetischen Flusses. Dies ist insbesondere notwendig, um ein möglichst senkrecht austretendes Magnetflusses aus den Oberflächen zu erzwingen, da lediglich die senkrechten Anteile des magnetischen Flusses erwünschte Kraftwirkungen erzeugen können.

Weiterhin kann vorteilhaft vorgesehen sein, dass die ersten Abschnitte Flächen sind, welche im wesentlichen senkrecht zur Richtung der Relativbewegung angeordnet sind.

Eine senkrechte Ausrichtung der ersten Abschnitte zur Richtung der Relativbewegung von Stator und Anker gestattet es, eine kompakte Bauform des Linearantriebes zu erzeugen. Somit ist es möglich, die Feldlinien im Bereich des Luftspaltes möglichst parallel zur Richtung der Relativbewegung zu führen und diese gezielt durch die ersten Abschnitte hindurchtreten zu lassen. Dies ergibt insbesondere dann Vorteile, wenn die ersten Abschnitte stufenartig zueinander angeordnet sind und die ersten Abschnitte über zweite Abschnitte der Stufen verbunden sind, die wiederum Flächen ausbilden, in denen der Richtungsvektor der Relativbewegung liegt. Eine derartige Stufung kann dabei räumlich ausgestaltet sein, so dass beispielsweise Formen nach Art einer Stufenpyramide oder eines sich stufig verjüngenden Zylinders ausgeführt sind. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Stufen lediglich längs einer Ebene angeordnet sind. Die Stufen wiederum können dabei von interpolierten Hüllflächen begrenzt sein, die schräg zur Richtung der Relativbewegung angeordnet sind. Die Hüllflächen können dabei wiederum aus mehreren Teilhüllflächen gebildet sein, die zueinander schräg stehend angeordnet sind, so dass in einer Schnittebene beispielsweise im Wesentlichen v-förmig oder w-förmig gestufte Oberflächen entstehen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels in einer Zeichnung schematisch gezeigt und nachfolgend näher beschrieben.

Dabei zeigt die

Figur 1 eine erste Ausgestaltungsvariante eines elektromagnetischen Linearantriebs, die

Figur 2 eine zweite Ausgestaltungsvariante eines elektromagnetischen Linearantriebs und die

Figur 3 eine dritte Ausgestaltungsvariante eines elektromagnetischen Linearantriebs.

Anhand der Figur 1 wird zunächst der prinzipielle Aufbau eines elektromagnetischen Linearantriebs erläutert. Die in den Figuren 2 und 3 dargestellten Ausgestaltungsvarianten entsprechen im Wesentlichen dem in der Figur 1 dargestellten Aufbau. Unterschiede sind jeweils in der Ausgestaltung des Luftspaltes zu erkennen.

Die Figur 1 zeigt einen ersten elektromagnetischen Linearantrieb 1. Der erste elektromagnetische Linearantrieb 1 ist jeweils in einer Einschalt- und in einer Ausschaltstellung dargestellt. Der erste elektromagnetische Linearantrieb 1 weist einen Stator 2 auf. Der Stator 2 weist einen Kern 3 auf, welcher aus einem Ferritmaterial besteht. Weiterhin weist der Stator 2 eine elektrische Wicklung 4 auf. Die elektrische Wicklung 4 ist mit einem elektrischen Strom beaufschlagbar, so dass ein Magnetfeld die elektrische Wicklung 4 umgibt. Dieses Magnetfeld wird zu großen Teilen innerhalb des Kernes 3 des Stators 2 geleitet. Der Kern 3 ist als so genannter

Dreischinkelkern ausgeführt, wobei ein erster Schenkel 5a und ein zweiter Schenkel 5b die Spule außerhalb der Wicklung 4 umgreift. Ein dritter Schenkel 5c dringt teilweise in das Innere der elektrischen Wicklung 4 ein. Dies ist für die Funktion des elektromagnetischen Linearantriebes 1 nicht zwingend notwendig. An einem ersten stirnseitigen Ende der elektrischen Wicklung 4 sind der erste, der zweite und der dritte Schenkel 5a,5b,5c miteinander verbunden. An dem zweiten stirnseitigen Ende der elektrischen Wicklung 4 ist an dem ersten und dem zweiten Schenkel 5a,5b jeweils ein Polschuh ausgebildet. An den Polschuhen sind Dauermagnete 6a,6b angeordnet. Zwischen den Dauermagneten 6a,6b ist eine Ausnehmung gebildet. Innerhalb dieser Ausnehmung ist ein Anker 7 verschiebbar gelagert. Der Anker 7 ist längs seiner Einschubrichtung verschiebbar. Die Einschubrichtung ist in den Figuren durch eine strichpunktierte Linie 8 gezeigt. Die Einschubrichtung entspricht der Richtung der Relativbewegung zwischen dem feststehenden Stator 2 und dem bewegbaren Anker 7. Der zum Stator 2 gehörige dritte Schenkel 5c weist eine Oberfläche auf. Weiterhin weist der Anker 7 eine Oberfläche auf. Zwischen den Oberflächen des Ankers 7 und des Stators 2 ist ein Luftspalt 9 ausgebildet. Der Luftspalt 9 ist schräg zur Richtung der Relativbewegung zwischen dem Stator 2 und dem Anker 7 angeordnet. In der Einschaltstellung, das heißt, die Oberflächen von Stator 2 und Anker 7, welche den Luftspalt 9 begrenzen, berühren sich, werden durch die Dauermagnete 6a,6b Haltekräfte erzeugt. Der von den Dauermagneten 6a,6b ausgehende magnetische Fluss durchsetzt die elektrische Wicklung 4 und bildet jeweils über dem ersten Schenkel 5a und dem dritten Schenkel 5c bzw. über dem zweiten Schenkel 5b und dem dritten Schenkel 5c in sich geschlossene Feldlinien aus. Bei einem Versuch des Herausbewegens des Ankers 7 aus der Einschaltposition (der ersten Lage von Stator 2 und Anker 7

zueinander) wird der Anker 7 aufgrund des von den Dauermagneten 6a, 6b ausgehenden magnetischen Flusses wieder in die elektrische Wicklung 4 hineingezogen. Um den Anker 7 aus der ersten Lage herauszudrücken, ist die elektrische Wicklung 4 zu bestromen. Zunächst ist dazu der Aufbau eines Magnetfeldes um das von den Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld zu überwinden. Mit einer erhöhten Bestromung der elektrischen Wicklung 4 wird das von den Permanentmagneten 6a, 6b ausgehende magnetische Feld neutralisiert und schließlich wird der Anker 7 aus der ersten Lage herausgedrückt. Zwischen den Oberflächen des Stators 2 und des Ankers 7 bildet sich ein Luftspalt 9 aus. In einer zweiten Lage berühren sich den Luftspalt 9 begrenzenden Oberflächen von Stator 2 und Anker 7 nicht. In der Figur 1 ist symbolisch der Verlauf der von den Dauermagneten 6a, 6b ausgehenden magnetischen Flusses dargestellt. Die für eine Bewegung wirksamen Feldlinien treten senkrecht aus der Oberfläche des Stators 2 und des Ankers 7 aus. Das heißt, im Bereich des Luftspaltes 9 verlaufen die Feldlinien schräg zur Bewegungsrichtung des Ankers 7. Durch die Schrägstellung des Luftspaltes 9 ist der für die magnetischen Feldlinien wirksame Abstand A der Oberflächen des Ankers 7 bzw. des Stators 2 kleiner als der durch den Anker 7 bewirkte Hub B. Zur Erzeugung einer Kraftwirkung auf den Anker 7 ist der Abstand A zu berücksichtigen. Mit einer beliebigen Vergrößerung des Abstandes A nimmt auch die Kraftwirkung auf den Anker 7 ab. Durch eine Schrägstellung des Luftspaltes 9 wird der Hub B gegenüber dem wirksamen Abstand A vergrößert.

Verglichen mit einem senkrecht zur Bewegungsrichtung eines Ankers angeordneten Luftspalt, bei dem der magnetisch wirksame Abstand A gleich dem Hub B ist, kann unter Beibehaltung der Kraftwirkung ein vergrößerter Hub erzeugt werden. Gleichzeitig werden die zum Ein- bzw. Austritt für die magnetischen

Feldlinien zur Verfügung stehenden Oberflächen des Stators 2 bzw. des Ankers 7 durch die Schrägstellung des Luftspaltes 9 vergrößert.

Um ein Einschalten, das heißt, ein Bewegen des Ankers 7 in das Innere der elektrischen Wicklung 4 zu erzeugen, ist die elektrische Wicklung 4 entsprechend zu bestromen. Diese Bewegung wird bei einer entsprechenden Polung der Dauermagnete 6a, 6b durch die von den Dauermagneten 6a, 6b ausgehenden magnetischen Kräfte unterstützt.

Die Figur 2 zeigt eine alternative Ausgestaltung des Luftspaltes bei einem zweiten elektromagnetischen Linearantrieb 1a. Die prinzipielle Aufbau und die Wirkungsweise des ersten elektromagnetischen Linearantriebes 1 und des zweiten elektromagnetischen Linearantriebes 1a sind gleich. Lediglich der Luftspalt 9a ist in einer abgewandelten Form ausgebildet. Wirkungsgleiche Baugruppen werden daher mit dem gleichen Bezugssymbol bezeichnet. Das Ein- bzw. Ausschalten des zweiten elektromagnetischen Linearantriebs 1a entspricht der vorstehenden Beschreibung. Daher wird im Folgenden lediglich auf den Aufbau des Luftspaltes 9a des zweiten elektromagnetischen Linearantriebs 1a eingegangen.

Der Luftspalt 9a des zweiten elektromagnetischen Linearantriebes 1a weist eine erste Teilfläche 10 und eine zweite Teilfläche 11 auf. Die Teilflächen 10, 11 sind spitzwinklig zueinander angeordnet und sind am Anker 7 angeordnet. An dem Stator 2 sind den Teilflächen 10, 11 entsprechende Gegenflächen 10a, 11b angeordnet. Die Flächennormalen sowohl der Teilflächen 10, 11 sowie der Gegenflächen 10a, 11b sind jeweils verschieden voneinander. Lediglich die einander zugeordneten Flächennormalen der Teilfläche 10 und der zugeordneten Gegen-

fläche 10a sowie der Teilfläche 11 sowie der zugeordneten Gegenfläche 11b sind gleich. Das heißt, die einander zugeordneten Teilflächen sind parallel zueinander ausgerichtet. Auch bei einer derartigen Ausgestaltung des Luftspaltes 9a wird eine Vergrößerung des Hubes B gegenüber den magnetisch wirksamen Abstand A erzielt. Die spitzwinklige Ausrichtung der Teilflächen zueinander bewirkt eine Zentrierung des Ankers 7 gegenüber dem Stator 2 bei der Einnahme einer ersten Lage von Stator 2 und Anker 7 zueinander.

Eine weitere Ausgestaltung eines dritten elektromagnetischen Linearantriebes 1c ist in der Figur 3 dargestellt. Bei dem dritten elektromagnetischen Linearantrieb 1c ist der Luftspalt 9c durch gestufte Oberflächen gebildet. Die Stufen weisen erste Abschnitte 12 auf, welche im Wesentlichen senkrecht zur Bewegungsrichtung der Relativbewegung von Stator 2 und Anker 7 angeordnet sind. Die ersten Abschnitte 12 sind über zweite Abschnitte 13 miteinander verbunden. In einer ersten Lage von Stator 2 und Anker 7 zueinander (der Einschaltposition) berühren sich die ersten Abschnitte 12. In der ersten Lage von Stator 2 und Anker 7 zueinander ist zwischen zweiten Abschnitten 13 der Stufen ein Zwischenraum 14 gebildet. Die Zwischenräume 14 sind beispielsweise mit Luft gefüllt. Die Zwischenräume 14 stellen einen Abschnitt mit einem erhöhten magnetischen Widerstand dar. Dadurch werden die von den Dauermagneten 6a, 6b (und auch die von einer bestromten elektrischen Wicklung 4) ausgehenden magnetischen Flüsse durch die sich berührende Oberfläche in den ersten Abschnitten 12 hindurchgeleitet. Da die ersten Abschnitte 12 senkrecht zur Richtung der Relativbewegung zwischen Anker 7 und Stator 2 liegen, kann der magnetische Fluss nahezu senkrecht und frei von unnötigen Umlenkungen durch die ersten Abschnitte 12 hindurchtreten. Da für die Erzeugung von Kräften jeweils nur die

senkrecht zur Austrittfläche des magnetischen Flusses wirkende Komponenten des magnetischen Flusses wirksam sind, kann so eine nahezu maximale Kraftwirkung zwischen dem Stator 2 und dem Anker 7 erzeugt werden. Der von der elektrischen Wicklung 4 bei einer Bestromung ausgehende magnetische Fluss ist parallel/antiparallel zu dem in den Figuren dargestellten Flüssen ausgerichtet.

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Linearantrieb (1) mit einem Stator (2) und einem relativ zu dem Stator (2) bewegbaren Anker (7), wobei zwischen dem Stator (2) und dem Anker (7) zumindest während einer Relativbewegung zwischen einer Oberfläche des Ankers (7) und einer Oberfläche des Stators (2) ein Luftspalt (9,9a,9b) ausgebildet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass der Luftspalt (9,9a,9b) zumindest teilweise schräg zur Richtung der Relativbewegung angeordnet ist.
2. Elektromagnetischer Linearantrieb (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche des Ankers (7) und die Oberfläche des Stators (2) zueinander parallel ausgerichtet sind.
3. Elektromagnetischer Linearantrieb (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächen des Stators (2) beziehungsweise des Ankers (7) Teilflächen (10, 11) aufweisen, deren Flächennormalen verschieden voneinander sind.
4. Elektromagnetischer Linearantrieb (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass verschiedene Teilflächen (10, 11) unterschiedliche Steilheiten bezüglich der Richtung der Relativbewegung von Stator (2) und Anker (7) aufweisen.
5. Elektromagnetischer Linearantrieb (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Oberflächen gestuft sind und die Stufen von interpolierten Hüllflächen begrenzt sind, welche schräg zur Richtung der Relativbewegung angeordnet sind.

6. Elektromagnetischer Linearantrieb (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufen erste Abschnitte (12) aufweisen, an welchen sich in einer ersten Lage von Stator (2) und Anker (7) zueinander, die Oberflächen von Stator (2) und Anker (7) berühren.

7. Elektromagnetischer Linearantrieb (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Stufen zweite Abschnitte (13) aufweisen, an welchen sich in der ersten Lage von Stator (2) und Anker (7) zueinander zwischen den Oberflächen von Stator (2) und Anker (7) ein Zwischenraum (14) ausbildet.

8. Elektromagnetischer Linearantrieb (1) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die ersten Abschnitte (12) Flächen sind, welche im wesentlichen senkrecht zur Richtung der Relativbewegung angeordnet sind.